

Express Mail Label No. EV 328767475 US

Date of Deposit October 2, 2003

Bayer 10265-WCG

Le A 36 357

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants : Peter JÄHN and Klaus OCHMANN  
Serial No. : To be assigned  
Filed : Herewith  
For : HIGH-PERFORMANCE THERMAL CONTROL  
DUCTS  
Art Unit : To be assigned  
Examiner : To be assigned

-----  
October 2, 2003

MAIL STOP PATENT APPLICATION

Commissioner for Patents

P.O. Box 1450

Alexandria, VA 22313-1450

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT

SIR:

Transmitted herewith is a certified copy of the following application, the  
foreign priority of which has been claimed under 35 USC 119:

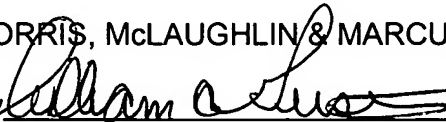
<u>Country</u>	<u>Serial Number</u>	<u>Filing Date</u>
Germany	102 49 724.9	October 25, 2002

It is submitted that this certified copy satisfies all of the requirements of 35 USC 119, and the right of foreign priority should therefore be accorded to the present application.

Respectfully submitted,

NORRIS, McLAUGHLIN & MARCUS, P.A.

By



William C. Gerstenzang  
Reg. No. 27,552

WCG/jh

Enc. - certified copy of DE 102 49 724.9

220 East 42<sup>nd</sup> Street - 30<sup>th</sup> Floor

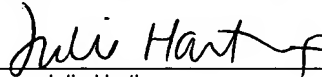
New York, New York 10017

Phone: (212) 808-0700

Fax: (212) 808-0844

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Services as Express Mail, Label # EV 328767475 US n an envelope addressed to: Mail Stop Patent Application, Commissioner For Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on October 2, 2003.

By



Julie Harting

Date October 2, 2003

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 49 724.9

**Anmeldetag:** 25. Oktober 2002

**Anmelder/Inhaber:** BAYER AKTIENGESELLSCHAFT,  
Leverkusen/DE

**Bezeichnung:** Hochleistungs-Temperierkanäle

**IPC:** F 28 F 3/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. Juli 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag



Ebert

### Hochleistungs-Temperierkanäle

Die vorliegende Erfindung betrifft Hochleistungs-Temperierkanäle für Wärmeaus-  
5 tauscherrohre, worin flüssige und gasförmige Substanzen möglichst schnell, gleich-  
mäßig und produktschonend temperiert werden können und möglichst unabhängig  
von der jeweiligen Viskosität der zu temperierenden Substanzen auch für einen  
Einsatz in mikrostrukturierte Apparate funktionieren.

10 In der chemischen Industrie sind produktführende Kanäle insbesondere in Form von  
Rohrleitungen bekannt. Die Temperierleistung dieser produktführenden Kanäle ist  
begrenzt, da die wärmeaustauschende Fläche klein ist und je nach Strömungsge-  
schwindigkeit und Wärmeleiteigenschaft der jeweiligen Flüssigkeit bzw. des jewei-  
15 ligen Gases ein Temperaturgradient zwischen Kanalmitte und der temperierten  
Kanalinnenfläche entsteht. Zur Intensivierung der Temperieviorgänge in Rohrkanä-  
len sind Einsätze oder Bauteile bekannt, die als statische Mischer oder als Turbulenz-  
elemente bezeichnet in produktdurchströmten Kanälen eingesetzt werden. Beim Ein-  
satz dieser Einbauten verbessert sich der Temperieviorgang geringfügig. Deshalb  
werden derartige Einbauelemente wie statische Mischer und Turbulenzelemente in  
20 besonderen Ausführungen in den Kanal verlötet, um die produktberührte Temperier-  
fläche im Produktraum zu vergrößern.

Es ist bekannt, dass mikrostrukturierte Apparaten hohe Wärmeübertragungsleistun-  
gen ermöglichen. Mikrostrukturapparate haben parallel angeordnete produktführende  
25 Kanäle mit quadratischem oder rechteckigem Strömungsquerschnitt. Diese Technik  
bietet eine große wärmeaustauschende Fläche bezogen auf das Produkt- oder Appa-  
ratevolumen. Nachteilig bei der Mikrostrukturtechnik sind die kleinen Strömungs-  
querschnitte die häufig bei nicht filtrierten Stoffen zur Verstopfung neigen. In Pro-  
duktionsprozessen sind Stoffe oder Produkte oft mit Verunreinigungen belastet, so  
30 dass die kleinen  $\mu\text{m}$ -Kanäle ( $\mu$ -Bereich) schnell verstopfen und es zum Ausfall der  
Mikrostrukturapparate kommt. Aus diesem Grunde werden mikrostrukturierte Appa-

rate nur in verfahrenstechnischen Prozessen mit hochreinen Ausgangsstoffen eingesetzt. Des Weiteren werden mikrostrukturierte Apparate mit speziellen und kostenintensiven Fertigungsmethoden hergestellt, so dass stoffführende Kanallängen nicht in großen Längen bzw. Abmessungen verfügbar sind weil die Apparate nicht wirtschaftlich gefertigt werden können.

10 Aus EP-A 0 659 500 sind zur Verbesserung von Wärmeaustauschvorgängen Flachrohre bekannt, die durch Plattwalzen von runden Rohren hergestellt werden. In Flachrohren ist der Abstand von temperierter Kanalinnenwand zur Kanalmitte verkleinert. Nachteilig bei dieser Ausführung ist die kleine Temperierfläche und die geringe Druckstabilität der Flachrohre. Werden höher viskose Stoffe in derartigen Flachkanälen temperiert, kommt es zu einer ungleichmäßigen Geschwindigkeitsverteilung, die wiederum eine ungleichmäßige Temperaturverteilung im Produktstrom erzeugt. Höher viskose Stoffe erzeugen zusätzlich hohe Differenzdrücke, so dass 15 diese Flachrohre aufgrund der geringen Druckstabilität zum Ausbeulen neigen und nicht formstabil sind. Hohe auftretende Differenzdrücke in Flachrohren führen zudem dazu, dass der rechteckige Querschnitt der Flachrohre sich zurückbildet und wieder einen runden Querschnitt annimmt. Zur Erhöhung der Druckstabilität eines Flachrohres kann die Rohrwandstärke erhöht werden mit dem Nachteil, dass der 20 Wärmeleitwiderstand sich ebenfalls verschlechtert.

Aus EP-A 0 302 232 ist ein Flachrohr für einen Wärmetauscher bekannt, welches aus einem gebogenen Blechstreifen herstellbar ist. Dieses Flachrohr kann auch mit Turbulenzeinlagen versehen werden, wobei in einem Lötvorgang alles dicht verlötet 25 wird. Solch gebogene Blech-Flachrohre sind nur für geringe Differenzdrücke einsetzbar. Sobald das Flachrohr sich aufgrund eines hohen Druckes aufbiegt, verliert es die verbesserten Wärmeübertragungseigenschaften. Die Druckstabilität des beschriebenen Flachrohres wird erhöht, indem Stege durch Falzung eingearbeitet werden. Die Stege verändern das Flachrohr dahingehend, dass ein mehrkanaliger Flachkanal mit 30 höherer Druckstabilität entsteht. Der entstehende Einzelkanal des Flachrohres ist nahezu quadratisch. Der quadratische Strömungsquerschnitt führt jedoch dazu, dass

nur zwei Temperierflächen wirksam sind. Zudem ist der Abstand von Kanalmitte zur inneren Temperierfläche so groß, dass sich ein Temperaturgradient einstellt, der eine gleichmäßige schnelle und produktschonende Temperierung verhindert. Soll ein höher-viskoser Stoff bei niedriger, laminarer Strömungsgeschwindigkeit temperiert werden, sind die Temperaturunterschiede im Strömungsquerschnitt besonders ausgeprägt.

Aus EP-A 0 624 771 ist ein Flachrohr für Wärmeaustauscher mit elliptischem Querschnitt bekannt, in das Turbulenzelemente eingesetzt werden. Die Turbulenzelemente bestehen aus gebogenen Drähten, die nachträglich in das elliptische Rohr eingeschoben werden und sich auf Grund der Biegekontur im elliptischen Flachrohr verklemmen. Turbulenzeinlagen sind für die Temperierung von wässrigen Stoffen bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten einsetzbar. Der Temperierprozess von höher viskosen Flüssigkeiten mit niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten wird mit diesen aus Draht gebogenen Turbulenzelementen nicht entscheidend verbessert.

Schließlich werden in der EP-A 1 213 556 Flachrohre mit mehreren nebeneinander angeordneten Strömungsbereichen beschrieben die in einem Sammelrohr münden. Die Flachrohre bestehen aus mehreren parallelen Strömungskanälen, so dass die Wände der Einzelkammern eine druckstabilisierende Wirkung auf die Form des Flachrohres haben. Mehrere parallel angeordnete Flachrohre, die alle in ein Sammelrohr münden bilden einen Wärmeaustauscher. Die Form des beschriebenen Flachrohres wird im Strangpressverfahren mit z.B. Aluminium hergestellt. Die Herstellung dieser Flachrohre ist kompliziert und es bedarf besonderer Werkzeuge. Infolgedessen sind derartige Flachrohre nicht in hoch-korrosionsfesten Werkstoffen herstellbar.

Es bestand daher die Aufgabe, Hochleistungs-Temperierkanäle für Wärmeaustauscherrohre zur Temperierung flüssiger und gasförmiger Substanzen in der Produktionstechnik (im cm-Maßstab), im Labor- und Technikumsmaßstab (im mm-Maßstab) und in der Mikrostrukturtechnik (im  $\mu\text{m}$ -Maßstab) herzustellen, die eine schnelle, gleichmäßige und produktschonende Temperierung über einen größeren

Viskositätsbereich bei gleichzeitig geringem Hold-up jedoch großer wärmeübertragender Fläche auf der Produktseite bei gleichzeitiger mischender Wirkung sicherstellen.

- 5 Die Lösung der Aufgabe und somit Gegenstand der Erfindung sind Hochleistungs-Temperierkanäle aus zwei aufeinander entgegengesetzt gelegten Blechen, die in ihrer Trenn- bzw. Kontaktebene eingebrachte einseitige Vertiefungen haben, dadurch gekennzeichnet, dass
- 10 die einzelnen Vertiefungen im Blech nebeneinander liegen und keine Verbindung zueinander haben und mehrere nebeneinander liegende Vertiefungen eine Vertiefungsreihe oder Vertiefungskette bilden,
- 15 die geometrische Fläche einer jeden Vertiefung eine größere Ausdehnung zur Blechbreite als zur Blechlänge hat,
- 20 die größere Längsachse der Vertiefung unter einem Winkel zur Mittelachse der Vertiefungsreihe oder Vertiefungsplatte steht, wobei das eine Blech gegenüber dem anderen Blech um 180° gewendet ist, wodurch die unter gleichem Winkel stehenden Vertiefungen sich teilweise überlappen und/oder kreuzen und einen Durchflusskanal bilden, dessen Strömungsbereich im Bereich der Blechtrennebene ist
- und dieser Durchflusskanal zumindest halbseitig von einem Temperierraum umschlossen wird.
- 25 Die erfindungsgemäßen Hochleistungs-Temperierkanäle, die im einfachsten Fall einen einzelnen Strömungskanal darstellen, sind hervorragend geeignet, sowohl flüssige als auch gasförmige Substanzen schnell, gleichmäßig und produktschonend auf die gewünschte Temperatur zu temperieren. Sie eignen sich besonders in der Ausgestaltung von Flachrohren und sind somit zur Anwendung in Wärmeaustauschern
- 30 bestens geeignet. Die erfindungsgemäßen Hochleistungs-Temperierkanäle sind be-

sonders geeignet, Einsatzstoffe der verschiedensten Viskositäten, bevorzugt aus einem Viskositätsbereich zwischen 0,1 mPa·s bis 100 000 mPa·s, besonders bevorzugt von 0,1 mPa·s bis 10000 mPa·s zu temperieren.

5 Bedingt durch die jeweilige Viskosität des Einsatzstoffes liegen die Strömungsvorgänge in den erfindungsgemäßen Hochleistungs-Temperierkanälen im laminaren bis turbulenten Bereich und es herrschen je nach Viskosität Differenzdrücke von 0,1 bar bis 500 bar, bevorzugt von 0,1 bar bis 100 bar und besonders bevorzugt von 0,1 bis 50 bar.

10 Die erfindungsgemäßen Hochleistungs-Temperierkanäle eignen sich insbesondere für die Temperierung in einem weiten Temperaturbereich von  $-80^{\circ}\text{C}$  bis  $500^{\circ}\text{C}$ , besonders für einen Temperaturbereich von  $-20^{\circ}\text{C}$  bis  $325^{\circ}\text{C}$  und besonders bevorzugt für den Bereich  $20^{\circ}\text{C}$  bis  $200^{\circ}\text{C}$ .

15 Der große Temperaturbereich ermöglicht insbesondere in Kombination mit den verschiedenen zum Einsatz kommenden Werkstoffen den Einsatz bei fast allen Aufgabenstellungen.

20 In den erfindungsgemäßen Hochleistungs-Temperierkanälen können aber auch zwei oder mehrere Substanzen gleichzeitig temperiert werden. Dabei kann es vorkommen, dass diese miteinander reagieren und Reaktionswärme freisetzen, die unmittelbar abgeführt werden muss. Es hat sich gezeigt, dass die erfindungsgemäßen Hochleistungs-Temperierkanäle bedingt durch die Geometrie der Vertiefungen eine große  
25 wärmeübertragende Fläche auf der Produktseite haben und somit ein geringeres Hold-up aufweisen, als vergleichbare aus dem Stand der Technik bekannte Temperierkanäle. Gleichzeitig bewirken die erfindungsgemäßen Hochleistungs-Temperierkanäle aufgrund ihrer inneren Geometrie eine hohe mischende Wirkung auf die durchströmenden Substanzen und vermeiden somit Temperaturgradienten im durchströmenden flüssigen oder gasförmigen Medium/Gemisch.  
30



Es hat sich gezeigt, dass das durch die Geometrie der Vertiefungen geringe produktseitige Volumen und die gute Durchmischung mittels der Vertiefungen sich positiv auf das Verweilzeitspektrum auswirken. Insbesondere bei höher-viskosen Stoffen verkleinert sich das Verweilzeitspektrum deutlich im Vergleich zu den Temperierkanälen aus dem Stand der Technik.

Die vielen nebeneinander liegenden, zur Blechbreite ausgedehnten Vertiefungen im Blech bzw. in der Blechschicht, die eine Vertiefungsreihe bzw. -kette bilden, haben in der jeweiligen Blechebene keine Verbindungen zueinander (Fig. 1). Sobald zwei Bleche zusammen gelegt werden und sich gleiche oder ähnliche Vertiefungsreihen direkt mit ihrem Vertiefungsvolumen gegenüber liegen, bilden sich gegenüberliegende, teilweise überlappende und kreuzende Hohlräume (Fig. 2). Ein durchströmender flüssiger oder gasförmiger Stoff strömt zwischen den Vertiefungen der beiden Bleche hin und her und das Fluid wird ständig verlagert und durchmischt. Infolgedessen entstehen keine großen Temperaturgradienten, und es erfolgt eine schnelle gleichmäßige Temperierung des durchströmenden Stoffes. Die unter dem Winkel  $\alpha$  stehende Längsachse der Vertiefung und damit auch die inneren Wände der Vertiefungen, wirken als Leitflächen bzw. Umlenkkonturen (Fig. 2). Sie unterstützen zudem eine Querströmung zur Längsachse der Vertiefung. Temperaturempfindliche Substanzen können aufgrund der Mischwirkung vor thermischer Schädigung geschützt werden.

Im erfindungsgemäßen Hochleistungs-Temperierkanal (= Strömungskanal) setzt sich die Temperierfläche einer Vertiefung aus zwei Flächenanteilen zusammen. Der erste Heizflächenanteil ist die Vertiefungsfläche selbst. Sie besitzt aufgrund der lokalen geringeren Wandstärke zum Heiz- oder Kühlraum eine höhere Wärmedurchgangsleistung als das Kanalblech selbst mit seiner vollen Dicke. Der zweite Heizflächenanteil ist die unter einem Winkel  $\beta$  stehende Wand der Vertiefung (Fig. 1a). Dort bildet sich eine mittlere Wärmeübertragungsleistung, ausgehend von der minimalen Wanddicke am Boden der Vertiefung bis zur vollen Blechdicke in der Berüh-

rungsebene der beiden aufeinander gelegten Bleche die einen Flachkanal aus zwei Schichten bilden.

5 Die in Strömungsrichtung geneigten oder gekrümmten Seitenflächen der Vertiefungen unterstützen den "vertikalen Mischeffekt" und lenken den durchströmenden Stoff in die gegenüberliegende Vertiefungsreihe. Die gekrümmten bzw. schräggestellten Flächen wirken möglichen Stoffablagerungen, insbesondere bei vorliegenden laminaren Strömungsgeschwindigkeiten entgegen.

10 Durch Einbringen der Vertiefungen in die jeweilige Schicht, bilden sich bevorzugt in Strömungsrichtung seitliche Vertiefungsflächen, die die Kontur eines Kreissegmentes oder einer geraden Fläche annimmt. Sind die seitlichen Flächen gerade, dann stehen sie unter einem bevorzugten Winkel  $\beta$  von 60 Grad.

15 In anderen bevorzugten Ausführungen stehen die seitlichen Flächen der Vertiefungen in der Schicht unter einem Winkel  $\beta$  von 20 bis 80 Grad, bevorzugt unter einem Winkel von 40 bis 60 Grad.

20 Dadurch, dass die längsausgedehnten Vertiefungen quer bzw. unter einem Winkel zur Hauptströmungsrichtung stehen, wird das durchströmende Medium ein- oder mehrfach geteilt und in Folge wieder zusammen geführt und dadurch ständig durchmischt, so dass keine Temperaturspitzen, ein schneller Temperatúrausgleich und somit eine produktschonende Temperierung erfolgt.

25 Die längsausgedehnten Vertiefungen unterstützen vorzugsweise den "horizontalen Mischeffekt" auf den durchströmenden Stoff.

30 Die im rechten Winkel zur Hauptströmungsrichtung ermittelte Länge der Vertiefung ist identisch mit der inneren Breite des Flachkanals. Die doppelte Tiefe der Vertiefung im Einzelblech ist identisch mit der inneren Höhe des Flachkanals. Daraus re-

sultiert der Brutto-Strömungsquerschnitt des Flachkanals. Die Vertiefungsreihe ist immer gleichbedeutend mit dem Einzel-Hochleistungs-Temperierkanal.

5 Der Mittenabstand zweier Vertiefungen einer Vertiefungsreihe ist mindestens so groß wie die Breite der Vertiefung. Es kann eine bevorzugtes Verhältnis gebildet werden, bei dem die Vertiefungsbreite zum Mittenabstand der Vertiefungen = 1 ist. Dabei kontaktieren sich die Ränder der Vertiefungen auf der jeweiligen Schichtoberfläche nur punktförmig. Es entstehen keine Spalten die Produktablagerungen fördern und möglicherweise eine Verstopfung des Temperierkanals begünstigen.

10 In besonderen Ausführungen der erfindungsgemäßen Hochleistungs-Temperierkanäle ist das Verhältnis von Vertiefungsbreite zum Mittenabstand  $>1$  bis  $<2$ , besonders bevorzugt beträgt das Verhältnis  $>1,1$  bis  $<1,5$ .

15 Die mit Vertiefungen versehenen Blechstreifen oder Schichten in den erfindungsgemäßen Hochleistungs-Temperier-Kanälen haben einen nicht strukturierten Randbereich, der bei einem Schweiß- bzw. Lötvorgang dicht verschlossen wird. Das Verschweißen der beiden Bleche oder Schichten zu einem Hochleistungs-Temperierkanal führt zu druckdichten und hochstabilen Strömungskanälen.

20 Die nicht strukturierten Randbereiche können parallel zur Vertiefungsreihe ebenfalls mit kleinen Vertiefungen in Form von Nuten versehen werden, so dass diese Vertiefungsnuten im Randbereich als Lötmedium-Depot fungieren. Dort eingebrachtes z.B. pastenförmiges Lot kann in einem Lötöfen die Schichten miteinander verbinden.

25 Die nebeneinander liegenden Vertiefungen in einem Blech bzw. in einer Schicht können spanabhebend, mit einer Senkerodierttechnik oder einer Senkschmiedetechnik aber auch durch Ätzverfahren sehr kostengünstig realisiert werden. Lassen die prozessbedingten Druckverhältnisse im zu temperierenden Medium dünnere Bleche zu, 30 können die Vertiefungen durch eine Prägetechnik hergestellt werden.

5 In einer Blechtafel können mehrere parallel nebeneinander angeordnete Vertiefungsreihen eingearbeitet werden, so dass nach gleichem Prinzip zwei aufeinander gelegte Blechtafeln auch größere Produktströme in kurzer Zeit schnell und schonend temperieren können. Parallel nebeneinander angeordnete Vertiefungsreihen in Blechtafeln können gleichzeitig eingebracht werden, so dass Fertigungskosten noch einmal erheblich reduziert werden können.

10 Blechtafeln mit mehreren Vertiefungsreihen bilden die technische Grundlage zum Bau vom preiswerten Kanal-Wärmeaustauschern oder Platten-Wärmeaustauschern.

15 In einer bevorzugten Ausführungsform bestehen die als Bleche bezeichneten Bauteile eines Hochleistungs-Temperierkanals bzw. Strömungskanals aus korrosionsfesten Werkstoffen. Beispielhaft seien hier Glas, Keramik, Graphit, Kunststoffe, insbesondere UV-durchlässige und beständige Kunststoffe, Chrom-Nickel-Stahl, Nickellegierungen und Nicht-Eisenwerkstoffe wie beispielsweise Aluminium genannt.

20 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform werden die Vertiefungen in den Blechen, die Bauteile eines Hochleistungs-Temperierkanals bzw. Strömungskanals sind, mit einem Katalysator beschichtet um eine im Strömungskanal ablaufende Reaktion zu beschleunigen bzw. zu fördern.

25 Im Rahmen der Arbeiten zur vorliegenden Erfindung wurde gefunden, dass je größer die Längenausdehnung einer Vertiefung bei entsprechend geringer Vertiefungsbreite in Hauptströmungsrichtung ist, sich eine Vertiefung mit mehreren Vertiefungen des gegenüberliegenden Bleches überschneidet und kreuzt. Dies fördert eine verstärkte Mischwirkung und unterstützt den Temperierprozess. Infolgedessen kommen keine großen Temperaturgradienten im zu temperierenden Stoffstrom auf.

30 Zur Erzielung dieses Effektes wählt man ein Höhen- / Breitenverhältnis einer Vertiefung in den Blechen von größer 1, bevorzugt größer 5 und besonders bevorzugt größer 10.

Die vorliegende Erfindung betrifft deshalb bevorzugt Hochleistungs-Temperierkanäle, in denen jede Vertiefung einer Einzelschicht sich mit mehr als 3 Vertiefungen der gegenüberliegenden Schicht überschneidet, bevorzugt mit mehr als fünf Vertiefungen und besonders bevorzugt mit mehr als zehn Vertiefungen der gegenüberliegenden Vertiefungsreihe der zweiten Schicht kreuzt oder überschneidet.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wurde überraschenderweise gefunden, dass die Ausbildung einer großen Höhe einer Vertiefung das Trägerblech hinsichtlich der auftretenden Druckbelastung kaum schwächt. Die innenliegenden produktseitigen Rippen zwischen den Vertiefungen stabilisieren das Trägerblech und dienen als Verstärkungsrippen, so dass eine Versteifung vorliegt die einer hohen Druckbelastung stand hält.

Aufgrund unterschiedlicher Wandstärken zur Heiz- bzw. Kühlseite erhöht sich die Wärmeübertragungsleistung, da eine lokal geringere Wandstärke einen niedrigeren Wärmeleitwiderstand hat. Die Randbereiche zwischen den nebeneinander liegenden Vertiefungen, auch als Verstärkungsrippen bezeichnet, haben aufgrund der Materialdicke zum Temperierraum einen höheren Wärmeleitwiderstand, so dass zwischen voller Trägerblechdicke und geringster Blechstärke mit einem mittleren Wärmeleitwiderstand gerechnet werden muss.

Die Randbereiche der Vertiefungen bilden zusätzlich eine Heizflächenvergrößerung, so dass die Leistungsfähigkeit des Hochleistungs-Temperierkanals sich erhöht.

Aus strömungstechnischer Sicht wird das zu temperierende Medium oder die zu temperierende Mischung beim Einfließen in die Vertiefungen verwirbelt und begünstigt damit den Wärmeübergangskoeffizienten.

Die Erfindung betrifft deshalb bevorzugt Hochleistungs-Temperierkanäle, in denen die Vertiefungen in den Blechen eine Höhe von größer 10 % bis kleiner 90 % der

Blechdicke, bevorzugt von größer 10 % bis kleiner 70 % und besonders bevorzugt von größer 10 % bis kleiner 50 % der Blechdicke aufweisen.

5 Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wurde gefunden, dass der Winkel  $\alpha$  (Fig. 1) in Verbindung mit dem Höhen-/Breitenverhältnis die Überlappungs- und Kreuzungshäufigkeit der gegenüberliegenden Vertiefungen bestimmt und Einfluss auf den entstehenden Differenzdruck des Strömungskanals bei konstanter Fluidgeschwindigkeit nimmt. Je kleiner der Winkel  $\alpha$  bei konstantem Höhen-/Breitenverhältnis, desto geringer ist der Druckverlust.

10

Die vorliegende Erfindung betrifft deshalb bevorzugt Hochleistungs-Temperierkanäle, worin die geometrische Längsachse der Vertiefungen in den Blechen unter einem Winkel  $\alpha$  von 5 bis 85 Grad, bevorzugt unter einem Winkel von 20 bis 70 Grad und besonders bevorzugt unter einem Winkel von 40 bis 50 Grad zur Vertiefungsreihe bzw. zur Hauptströmungsrichtung steht.

15

20 Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wurde gefunden, dass aufgrund der großen wärmeübertragenden Fläche bei gleichzeitig geringem Hold-up man nur eine geringe Länge des Hochleistungs-Temperierkanals benötigt, um einen nahezu vollständigen Temperatenausgleich zwischen Temperiermittel und Stoffstrom zu erreichen. Besonders vorteilhaft ist die Anwendung der erfindungsgemäßen Hochleistungs-Temperierkanäle wenn nur kleine Temperaturdifferenzen vorliegen.

20

25 Die Erfindung betrifft deshalb bevorzugt Hochleistungs-Temperierkanäle, worin die Vertiefungsreihe eines Bleches oder einer Schicht weniger als 1000 Vertiefungen hat, bevorzugt weniger als 500 Vertiefungen und besonders bevorzugt aus weniger als 250 Vertiefungen aufweist.

25

30 Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wurde gefunden, dass man Strömungskanäle mit wesentlich geringerem Strömungsverlust erhält, wenn diese aus wenigstens drei

30

Blechen/Schichten oder gegebenenfalls weiteren Zwischenblechen mit Löchern bestehen.

5 In diesem Fall wird zwischen zwei Blechen mit einseitig eingebrachten Vertiefungen eines oder mehrere zusätzliche Bleche mit einer oder mehreren Lochreihen, gleicher oder gegebenenfalls unterschiedlicher Geometrie wie die Vertiefungen der Seitenbleche, jedoch ohne den Breitenbereich der Vertiefungsreihen zu überschreiten, eingefügt.

10 Die Erfindung betrifft deshalb bevorzugt Strömungskanäle bestehend aus zwei Blechen mit einseitig eingebrachten Vertiefungsreihen und mindestens einem zwischen diesen beiden Blechen eingesetzten Blech mit einer oder mehreren Lochreihen, die den Breitenbereich der Vertiefungsreihen nicht überschreiten, so dass ein Strömungskanal aus mindestens drei Blechen /Schichten entsteht, der einen wesentlich  
15 verringerten Strömungsverlust hat.

Das eingesetzte Lochblech dient als zusätzlicher Turbulenzerzeuger, reduziert bei konstantem Volumenstrom den Druckverlust und erzeugt im verlöteten Zustand keine zusätzlichen Spalten.

20 Man erhält die Öffnungen in diesen Lochblechen durch Stanzverfahren, Ätzverfahren oder Senkerodierverfahren.

25 Durch ein Präge- oder Tiefziehverfahren bzw. ein Senkschmiedeverfahren zur Ausbildung der Vertiefungen können die Höhen der Vertiefungen größer sein als die Trägerblech- oder Schichtdicke. Es handelt sich hier um ein Verfahren der Umformtechnik. Vorzugsweise zeigen die Vertiefungen die Form von Nuten mit halbkreisförmigem Querschnitt (Fig. 4, Fig. 4a, Fig. 4b).

30 Die Fläche der Vertiefungen in den Blechen kann unterschiedlicher Geometrie sein und kann an die zu temperierenden Substanzen angepasst bzw. optimiert werden

(Fig. 3, Fig. 3a, Fig. 3b, Fig. 3c). Die gezeigten Beispiele sind nur beispielhaft aber nicht limitierend.

5 Die als Bleche bezeichneten Werkstücke sind an den Längskanten parallel zu den Vertiefungsreihen miteinander verschweißt. Bevorzugte Schweißverfahren sind WIG, Laser, EB oder das Rollnahtverschweißen.

10 In einer bevorzugten Ausführungsform der Hochleistungs-Temperierkanäle sind in den Randbereichen der Trägerbleche Vertiefungen zur Aufnahme eines Lots vorgesehen, wobei die Vertiefungen die Funktion eines Lotdepots wahrnehmen. Die Vertiefungen zur Aufnahme des Lots sind durch Kanäle bzw. Nuten miteinander verbunden, so dass eine homogene Verlötung statt finden kann. Die Lotdepots sind kleiner als die produktberührten Vertiefungen (Fig. 5).

15 Die Kanäle oder Nuten zur Aufnahme des Lots können so positioniert werden, dass nach dem Verlöten ein spaltfreier Hochleistungs-Temperierkanal entsteht. Die spaltfreie Ausführung ist besonders vorteilhaft für Anwendungen in der Lebensmittel-, Pharma- und biotechnischen Industrie.

20 Erfindungsgemäß bilden zwei gegeneinander liegende Bleche mit eingebrachten Vertiefungen einen geschlossenen produktführenden Strömungskanal mit hoher Wärmeübertragungsleistung den erfindungsgemäßen Hochleistungs-Temperierkanal. Es kann dazu kommen, dass die äußere Temperierfläche des Zwei-Schichtensystems zu klein ist, so dass die äußeren, produktabgewandten Seiten ebenfalls mit Vertiefungen zur Bildung von Temperierrippen versehen werden können. Dies vergrößert die äußere Temperierfläche wesentlich.

25

Die erfindungsgemäßen Hochleistungs-Temperierkanäle eignen sich hervorragend für die schnelle produktschonende Temperierung von gasförmigen und flüssigen Stoffen bis zu einem Viskositätsbereich von kleiner 100 000 mPa.s.

30



Die erfindungsgemäßen Hochleistungs-Temperierkanäle, gebildet aus mindestens zwei Blechen mit einseitigen Vertiefungsreihen, können mit bekannten Strömungskanälen, wie z.B. einfache Rohre die mit bekannten Statikmischern bestückt sind oder z.B. sogenannten Profilrohren mit Turbulenzeinsätzen oder Flachkanälen kombiniert werden.

Mehrere parallel angeordnete erfindungsgemäße Hochleistungs-Temperierkanäle, bestehend jeweils aus zwei dicht verschweißten oder verlöteten Blechen / Schichten mit inneren Strukturen wobei die Strukturen Vertiefungen sind und Vertiefungsreihen bilden, können gleichzeitig angeströmt werden und einen Kanal-Bündel-Wärmeaustauscher oder einen Platten-Kanal-Wärmeaustauscher bilden (Fig. 7).

Die erfindungsgemäßen Hochleistungs-Temperierkanäle können auch in einem Platten-Kreuzstrom-Wärmeaustauscher eingesetzt werden und eignen sich außerdem als Strömungskanäle

- in einem Sterilisator für die Sterilisation von Wasser, von pharmazeutischen oder biologischen Substanzen
- für den Einsatz in Photobioreaktoren für die Züchtung von Mikroorganismen.

Die erfindungsgemäßen Hochleistungs-Temperierkanäle eignen sich weiterhin als miniaturisierte Strömungskanäle auf Chips für die Diagnostik.

# Figuren und Beispielbeschreibung:

Fig. 1: zeigt einen Blechstreifen mit nebeneinander positionierten erodierten Vertiefungen die zur Hauptströmungsrichtung unter dem Winkel  $\alpha$  stehen.

5

Fig. 1a: stellt die Schnittdarstellung eines Blechstreifens gemäß Fig. 1 dar, aus der zu erkennen ist, dass die unter dem Winkel  $\alpha$  stehenden Seitenflächen der Vertiefungen einen weiteren Winkel  $\beta$  zur Strömungsrichtung aufweisen.

10

Fig. 2: zeigt zwei aufeinander gelegte Blechstreifen gemäß Fig. 1 die einen Flachkanal für einen Wärmeaustauscher bilden und das obere Blech (1') bis zur Fußfläche der Vertiefung teilweise geöffnet ist, so dass die übereinander liegenden Vertiefungen sichtbar sind.

15

Fig. 2a: zeigt den Flachkanal aus Fig. 2 mit Hauptströmungsrichtung (9) mit den gegenüberliegenden inneren Vertiefungsreihen.

20

Fig. 3, 3 c: zeigt verschiedene Konturen der Vertiefungen

Fig. 4, 4b: zeigt Querschnitte der Vertiefungen

Fig. 5: zeigt Blechstreifen die im Randbereich Nuten haben, die Lötdepots dienen

25

Fig. 6: zeigt eine Vertiefungsreihe gebildet mit einer Vertiefung nach Fig. 3 in einem breiten Trägerblech und Fig. 6a zeigt schematisch zwei aufeinander liegende Bleche aus Fig. 6.

30

Fig. 7: stellt eine parallele Anordnung von Hochleistungs-Temperierkanälen mit Vertiefungsreihen dar, die in einem temperierten Gehäuse eingesetzt und verschweißt sind und einen Kanal-Wärmeaustauscher bilden.

**Figurenbeschreibung:**

In Fig. 1 ist ein Trägerblech 1 mit Vertiefungen 2 dargestellt. Die Vertiefungen haben eine trapezförmige Querschnitts-Fläche, die auf Abstand nebeneinander in das Blech bzw. in die Schicht eingearbeitet sind und dadurch eine Vertiefungsreihe 2', 2'' bilden. Die geometrische Ausdehnungsachse 4 der Vertiefungen steht mit einem Winkel  $\alpha$  quer zur Mittenachse 5 der Vertiefungsreihe. An den Blechenden 6, 6' sind die Vertiefungen der Vertiefungsreihe nur zum Teil ausgebildet, so dass es zu Einströmöffnungen 7 und zu Ausströmöffnungen 8 an den Enden des Blechs kommt. Die Vertiefungsreihe 2, 2', 2'' bildet gleichzeitig die Hauptströmungsrichtung 9 des zu bildenden Temperierkanals. Oberhalb und unterhalb der Vertiefungsreihe befindet sich ein schmaler Randbereich 10, der am jeweiligen äußeren Randbereich verschweißt bzw. verlötet werden kann um einen druckdichten Strömungskanal mit hoher Temperierleistung herzustellen.

In Fig. 1a ist das Trägerblech 1 in einem Schnitt dargestellt, zu erkennen ist die Trägerblechdicke 11 und die Vertiefungen 2, deren Höhe kleiner ist als die Trägerblechdicke. Die Tiefe der Vertiefung beträgt in dieser Ausführung 50 % der Blechdicke. In der Schnittdarstellung ist zu erkennen, dass in Durchströmrichtung die Seitenfläche 3 der einzelnen Vertiefungen unter einem Winkel  $\beta$  stehen, so dass die Vertiefung optimal durchströmt wird, eine vertikale Mischwirkung zur gegenüberliegenden Vertiefungsreihe unterstützt wird und dadurch keine Produktablagerungen auftreten können.

In Fig. 2 sind beide Schichten oder Bleche 1, 1' aufeinander gelegt, wobei das zweite Blech 1' um 180 Grad gewendet wurde und auf dem unteren Blech 1 liegt, und das obere Blech 1' teilweise bis zum Fuß der Vertiefung geöffnet ist. Zu erkennen sind die sich überlappenden und kreuzenden Vertiefungen und die zwischen den Vertiefungen ausgebildeten inneren Stege, die eine horizontale Mischwirkung parallel zur Längsausdehnung der Vertiefungen, durch Umlenkung und Teilung des Hauptstroms

erzeugen. Bei druckbeaufschlagten Strömungskanälen wirken die innenliegenden Stege gleichzeitig als Verstärkungsrippen und erhöhen dadurch die Druckstabilität.

5 In Fig. 2a ist der in Fig. 2 dargestellte zweischichtige Kanal, jedoch in der Länge verkürzt, im Schnitt dargestellt. Deutlich ist zu erkennen, dass die in Strömungsrichtung unter dem Winkel  $\beta$  stehenden Seitenflächen 3 der Vertiefungen 2, eine vertikale Mischwirkung unterstützen und praktisch keine nicht ausreichend durchströmte Bereiche bildet. Des Weiteren ist zu erkennen, dass die Rippen-Kreuzungspunkte der Vertiefungen nur punktuell aufeinander liegen und es im durchströmten Bereich zu keiner großen Spaltbildung kommt. In dieser aufgeführten Version ist das Verhältnis von Vertiefungsbreite zum Mittenabstand = 1.

15 In Fig. 3 bis 3c sind verschiedene Formen von Vertiefungsflächen gezeigt. Fig. 3 zeigt eine längliche Vertiefung mit schräg gestellten Seitenflächen. Fig. 3a stellt eine Form dar, die typischerweise im Senkerodierverfahren hergestellt wird, so dass die in Strömungsrichtung befindlichen Seitenflächen der Vertiefung unter einem Winkel stehen und die obere und untere Randfläche der Vertiefung gerade ins Blech verläuft. Fig. 3b zeigt eine längsausgedehnte Vertiefung die durch mehrere Senkbohrungen ausgebildet werden kann. Fig. 3c zeigt typischerweise eine Vertiefung, die spanabhebend mit einem Radienfräser erzeugt wurde. Vorteilhaft bei dieser Form ist, dass alle Bereiche gut durchströmt werden und das Verweilzeitspektrum gering ist.

25 In den Fig. 4 bis 4 b werden verschiedene bevorzugte Querschnittsformen von Vertiefungen gezeigt, z.B. eine trapezförmige (Fig. 4), spitzwinkelige Ausführung in Form eines Dreiecks (Fig. 4a) und einen Kreisabschnitt (Fig. 4b) bzw. einen Halbkreis. Die Querschnittsform der Fig. 4b entspricht der Vertiefungsflächenform aus Fig. 3c.

30 Die Fig. 5 zeigt einen Abschnitt eines Bleches 1 mit z. B. längsausgedehnten Vertiefungen 2 mit der Querschnittsform gemäss Fig. 4, wobei am oberen und unteren Ende der Vertiefung ein Radius angeordnet ist. Oberhalb und unterhalb der darge-

stellten Vertiefungsreihe ist eine parallel zur Mittenachse 5 der Vertiefungsreihe verlaufende Nut 12 vorgesehen zur Aufnahme eines Lots. Die Nut zur Aufnahme des Lots kann auch an der äußeren Kontur der Vertiefungsreihe angepasst sein, so dass eine Verlötung alle Spalte der zwei aufeinander liegenden Bleche mit Vertiefungsreihen verschließt und eine Produktablagerung verhindert. Selbst bei einem zwischengesetzten Lochblech werden alle Spalte im Randbereich der Vertiefungsreihe geschlossen.

10 In Fig. 6 ist ein Strömungskanal dargestellt, der aus zwei aufeinander gelegten Blechen 1, 1' mit Vertiefungen, ähnlich wie in Fig. 5 gezeigt, gebildet wird. Es ist deutlich zu erkennen, dass ein Fluid im Einströmbereich entlang der Durchströmrichtung 9 des Kanals, aufgrund von überlappenden und kreuzenden Vertiefungen, geteilt und anschließend wieder zusammen geführt wird. Diese parallel zur Blechbreite produzierten Strömungsvorgänge erzeugen einen horizontalen Mischeffekt, während die unter einem Winkel  $\beta$  stehenden Seitenflächen 3, 3' der Vertiefungen für den vertikalen Mischeffekt sorgen.

20 Fig. 7 stellt beispielhaft eine parallele Anordnung von Hochleistungs-Temperierkanälen 70 dar, die parallel durchströmt werden. Die Hochleistungs-Temperierkanäle sind in einer Anströmplatte 72, 72' eingesetzt und mit dieser verschweißt. Die Anströmplatte 72 auf der Eintrittseite und die Anströmplatte 72' auf der Austrittseite des Produkts sind wiederum in ein Gehäuse 71 eingesetzt und verschweißt. Das Gehäuse 71, welches gleichzeitig den Temperierraum bildet, hat einen Temperiermittel-Zuführstutzen 73 und einen Temperiermittel-Abführstutzen 74. Es kann ein Kälteträger oder ein Wärmeträgermittel in das Gehäuse 71 eingespeist werden, um die Hochleistungs-Temperierkanäle und das durch diese hindurchströmende Produkt 75 gleichmäßig, schnell und schonend zu temperieren. Zur besseren Montage des Wärmeaustauschers in vorhandene Anlagen werden, hier in der Skizze nicht dargestellt, Anschlussmöglichkeiten, wie z. B. Flansche oder produktseitige Stutzen  
30 vorgesehen.

Patentansprüche

1. Hochleistungs-Temperierkanäle aus zwei aufeinander entgegengesetzt gelegten Blechen, die in ihrer Trenn- bzw. Kontaktebene eingebrachte einseitige Vertiefungen haben, dadurch gekennzeichnet, dass  
5 die einzelnen Vertiefungen im Blech nebeneinander liegen und keine Verbindung zueinander haben und mehrere nebeneinander liegende Vertiefungen eine Vertiefungsreihe oder Vertiefungskette bilden,  
10 die geometrische Fläche einer jeden Vertiefung eine größere Ausdehnung zur Blechbreite als zur Blechlänge hat,  
15 die größere Längsachse der Vertiefung unter einem Winkel zur Mittelachse der Vertiefungsreihe oder Vertiefungsplatte steht, wobei das eine Blech gegenüber dem anderen Blech um  $180^\circ$  gewendet ist, wodurch die unter gleichem Winkel stehenden Vertiefungen teilweise überlappen und/oder kreuzen und einen Durchflusskanal bilden, dessen Strömungsbereich im Bereich der Blechtrennebene ist  
20 und dieser Durchflusskanal zumindest halbseitig von einem Temperierraum umschlossen wird.  
2. Hochleistungs-Temperierkanäle gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Mittenabstand zweier Vertiefungen einer Vertiefungsreihe mindestens so groß ist wie die Breite der Vertiefung.  
25 3. Hochleistungs-Temperierkanäle gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis von Vertiefungsbreite zum Mittenabstand  $>1$  bis  $<2$ , beträgt.  
30

4. Hochleistungs-Temperierkanäle gemäß der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass jede Vertiefung der Einzelschicht sich mit weniger als 10 Vertiefungen der gegenüberliegenden Schicht überschneidet.
5. Hochleistungs-Temperierkanäle gemäß der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Vertiefungen eine Höhe von 90 % der Blechdicke haben.
6. Hochleistungs-Temperierkanäle gemäß Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die geometrische Längsachse der Vertiefungen unter einem Winkel  $\alpha$  von 5 bis 85 Grad zur Vertiefungsreihe bzw. zur Hauptströmungsrichtung stehen.
7. Verfahren zur Herstellung von Hochleistungs-Temperierkanälen gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vertiefungen in den Blechen durch ein Präge- oder Tiefziehverfahren oder durch ein Ätz- oder Senkero-diervfahren eingebracht werden.
8. Verwendung der Hochleistungs-Temperierkanäle der Ansprüche 1 bis 6 zur produktschonenden Temperierung von gasförmigen oder flüssigen Medien/Mischungen bis zu einem Viskositätsbereich von kleiner 100 000 mPa.s.
9. Verwendung der Hochleistungs-Temperierkanäle der Ansprüche 1 bis 6 in Kombination mit bekannten Strömungskanälen.
10. Verwendung der Hochleistungs-Temperierkanäle in einem Platten-Kanal-Wärmetauscher.
11. Verwendung der Hochleistungs-Temperierkanäle in einem Platten-Kreuzstrom-Wärmeaustauscher.



12. Verwendung der Hochleistungs-Temperierkanäle als Strömungskanäle in einem Sterilisator für die Sterilisation von Wasser, von pharmazeutischen oder biologischen Substanzen.
- 5 13. Verwendung der Hochleistungs-Temperierkanäle als Strömungskanäle für den Einsatz in Photobioreaktoren für die Züchtung von Mikroorganismen.
14. Verwendung der Hochleistungs-Temperierkanäle als miniaturisierter Strömungskanal auf einem Chip für die Diagnostik.
- 10 15. Hochleistungs-Temperierkanäle gemäß der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen zwei Blechen mit Vertiefungen mindestens ein Lochblech als Turbulenzerreger eingesetzt wird.
- 15 16. Hochleistungs-Temperierkanäle gemäß der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Vertiefungen zur Aufnahme des Lots durch Kanäle bzw. Nieten miteinander verbunden sind und durch homogene Verlötung die Trägerbleche spaltfrei gelötet werden.

Hochleistungs-Temperierkanäle

Z u s a m m e n f a s s u n g

Die vorliegende Erfindung betrifft Hochleistungs-Temperierkanäle für Wärmeaustauscherrohre, worin flüssige und gasförmige Substanzen möglichst schnell, gleichmäßig und produktschonend temperiert werden können und möglichst unabhängig von der jeweiligen Viskosität der zu temperierenden Substanzen auch beim Einsatz in Mikrostrukturapparaten funktionieren.

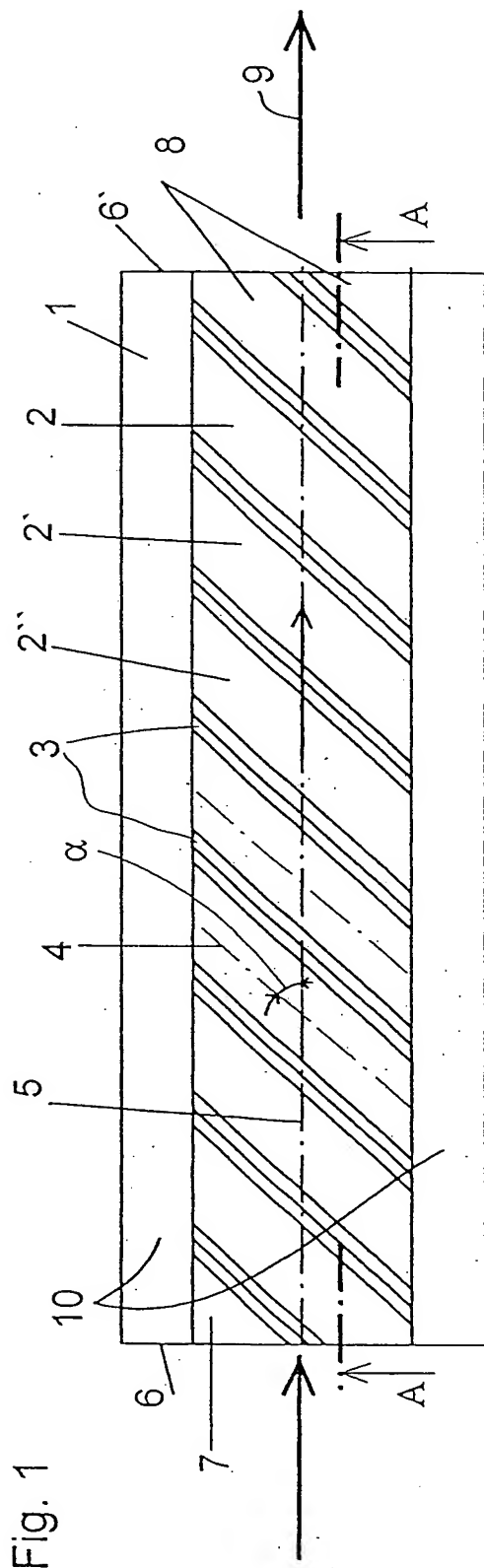


Fig. 1

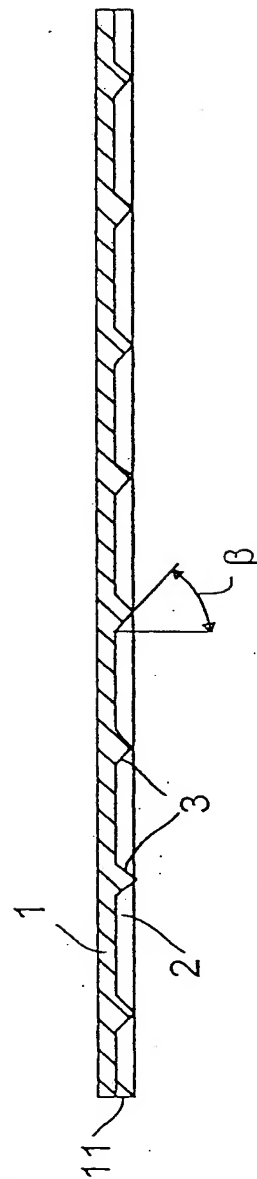


Fig. 1a

Fig. 2

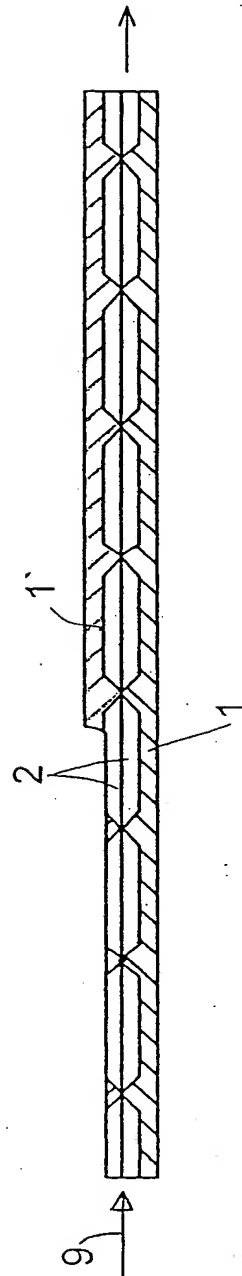
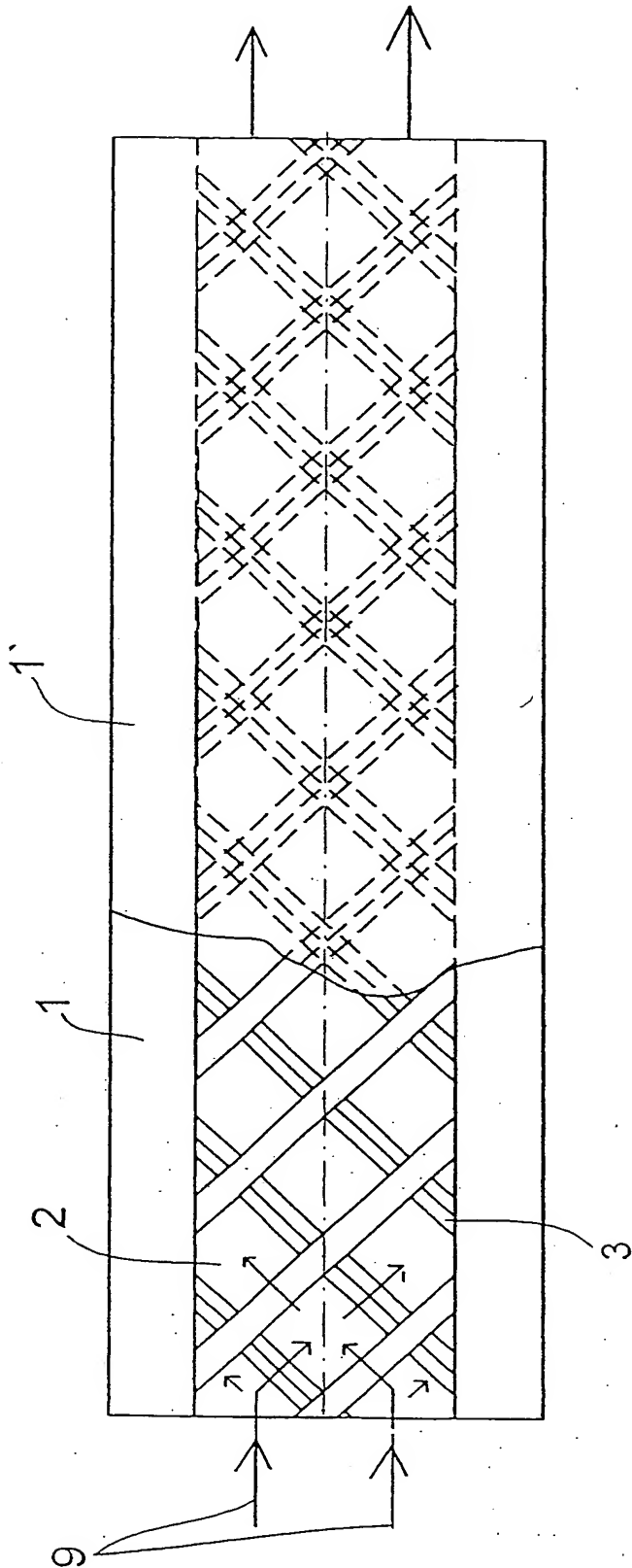


Fig. 2a

Fig. 4

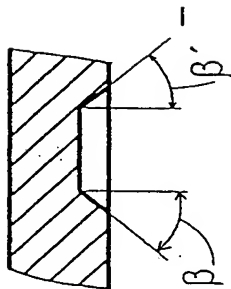


Fig. 4a

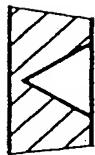


Fig. 4b



Fig. 3

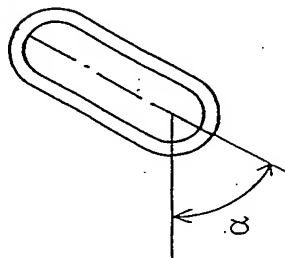


Fig. 3a

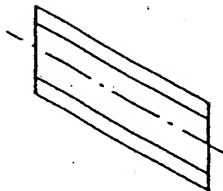


Fig. 3b

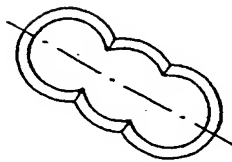


Fig. 3c

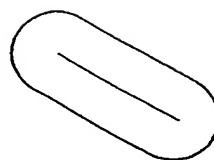


Fig. 5

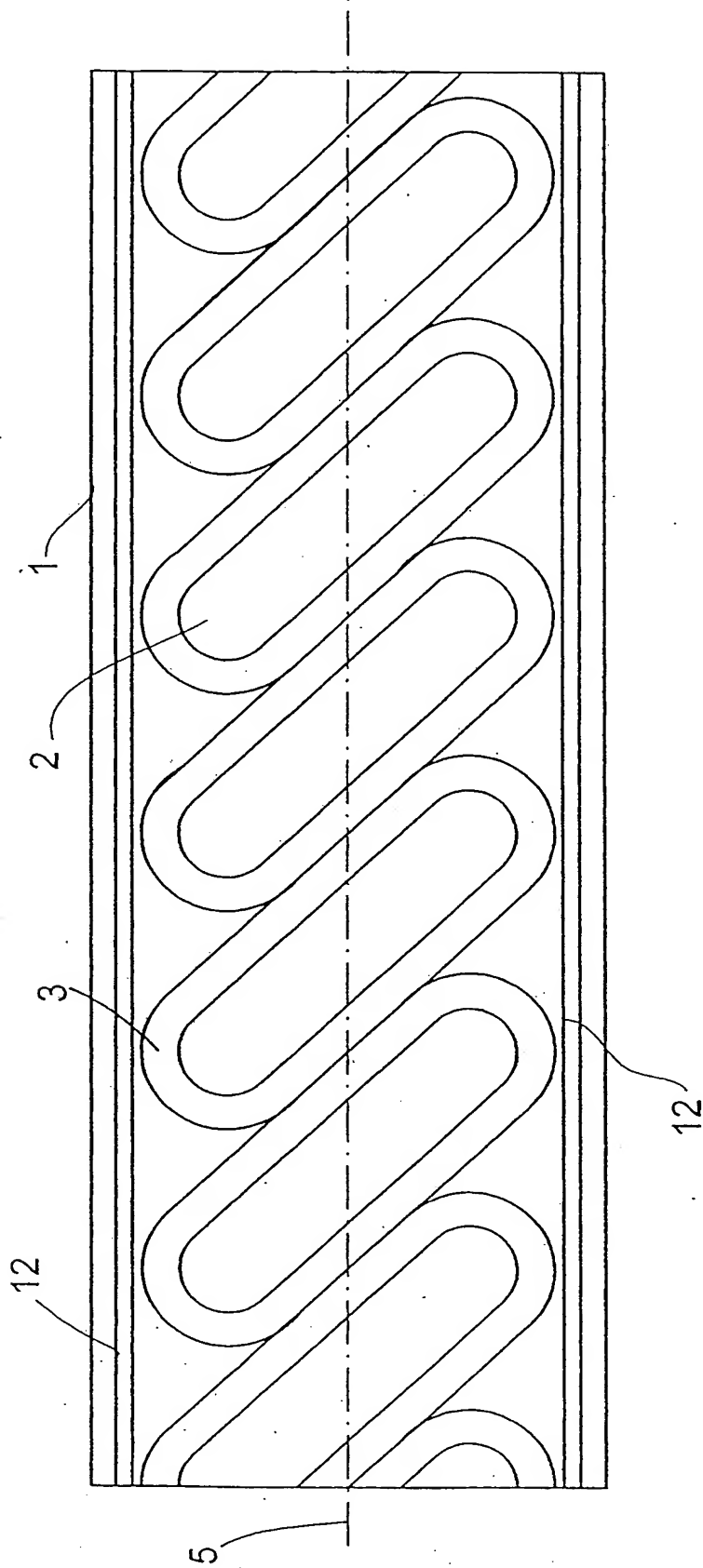


Fig.6

